

УДК 620.193:541.13

Є.М. ЗАВЕРАЧ, канд. техн. наук,

О.М. МАКОВКІН, Хмельницький національний університет

ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НІКЕЛЕВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ПОКРИТТІВ

Досліджено сумісне осадження гальванічного нікелю та дисперсних частинок Al_2O_3 і TiO_2 . Встановлені трибологічні характеристики осаджених покриттів в умовах сухого тертя ковзання. Отримані композиційні електрохімічні покриття характеризуються вищою зносостійкістю в порівнянні з нікелевими покриттями.

Codeposition of galvanic nickel and dispersed particles Al_2O_3 and TiO_2 was investigated. The tribological characteristics of deposited coatings in dry friction sliding conditions were established. The wear resistance of composite coatings was found to be greater than free nickel coatings.

Вступ. Впровадження у матрицю металевих гальванічних покриттів дисперсних частинок різноманітних матеріалів призводить до їх дисперсного зміцнення, що проявляється у зміні таких фізико-механічних характеристик як міцність, твердість, зносостійкість [1 – 3]. Одним з перспективних напрямків застосування нікелевих композиційних електрохімічних покриттів (КЕП) являється підвищення зносостійкості і терміну служби виробів з інструментальних сталей [4]. Основна мета даного дослідження полягала у встановленні трибологічних характеристик КЕП Ni-TiO_2 та $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$, осаджених на зразки з інструментальної сталі.

Методика експерименту. Нікелеві гальванічні та композиційні покриття отримували в сульфатно-хлоридному електроліті. Умови електролізу: густина струму 1, 1,5, 2 $\text{A}/\text{дм}^2$, температура електроліту 50 – 55 °С, концентрація дисперсних частинок (розмір 3 – 6 мкм) 10, 20 г/л, рН електроліту 4 – 5. Дисперсні частинки у зваженому стані підтримували перемішуванням барботуванням повітрям.

Покриття осаджували на циліндричні зразки з інструментальної сталі У8А. Товщина осаджених покриттів 20 мкм. Вміст дисперсних частинок в покритті визначали ваговим методом. Деякі зразки з осадженими покриттями проходили температурну обробку при 200 °С протягом 2 годин.

Трибологічні дослідження проводили на машині тертя УМТ-2168 за схемою диск-палець в умовах сухого тертя ковзання при силі притискання (Р) і

швидкості ковзання (ω): 60 Н і 50 м/хв. та 60 Н і 40 м/хв. В якості контртіла використовували вуглецеву сталь У10А.

Результати експериментів та їх обговорення. Результати досліджень показують, що на впровадження дисперсних частинок оксидів у нікелеві покриття помітний вплив мають як густина струму, так і концентрація дисперсних частинок у електроліті. В залежності від цих факторів масовий вміст частинок Al_2O_3 в КЕП коливався в межах 2,0 – 4,5 %, а частинок TiO_2 – 7,5 – 25,0 %. Можна зазначити, що масовий вміст частинок оксидів у покриттях корелює з електропровідністю оксиду.

Встановлено, що кращі трибологічні характеристики притаманні КЕП $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ та Ni-TiO_2 , осадженим при концентрації частинок в електроліті 10 г/л та густині струму $1,5 \text{ А/дм}^2$, які відповідно містили 3 – 4 % та 7,5 – 10 % дисперсної фази. Залежності зміни моменту тертя та зношення з пройденим шляхом, отримані при випробуваннях цих покриттів, наведені на рис. 1 та 2.

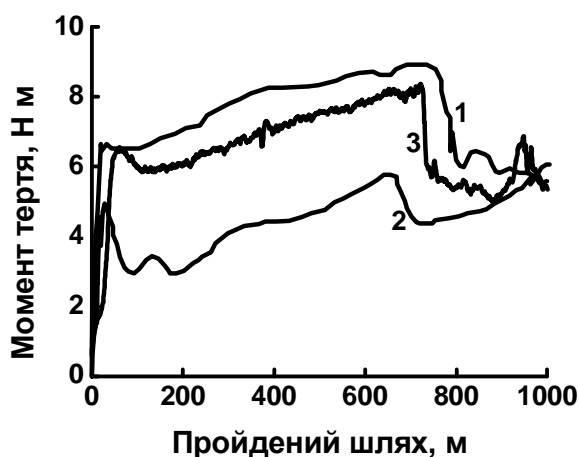


Рис. 1. Зміна моменту тертя з пройденим шляхом: 1 – Ni; 2 – $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$; 3 – Ni-TiO_2 .
Умови випробувань: $P=60 \text{ Н}$, $\omega=40 \text{ м/хв}$.

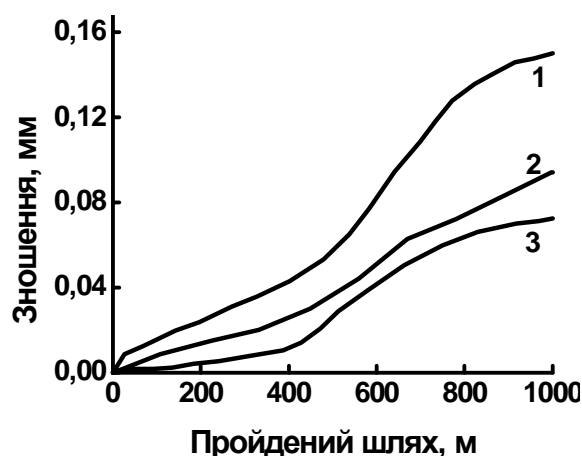


Рис. 2. Зростання зношення з пройденим шляхом: 1 – Ni; 2 – $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$; 3 – Ni-TiO_2 .
Умови випробувань: $P=60 \text{ Н}$, $\omega=40 \text{ м/хв}$.

Як видно з рис. 2, впровадження у нікелеву матрицю дисперсних частинок оксидів призводить до помітного зниження зношення покриттів. При пройденому шляху 1000 м зношення зразків з Ni покриттями становило 0,150 мм, з КЕП $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ – 0,094 мм, з КЕП Ni-TiO_2 – 0,072 мм. Отримані залежності зміни моменту тертя з пройденим шляхом мають вигляд типовий для умов сухого тертя.

Вплив термообробки отриманих покриттів на їх зношення демонструють залежності, представлені на рис. 3 та 4.

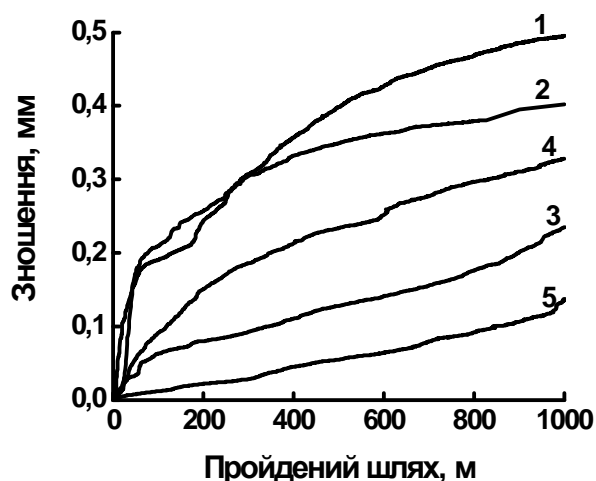


Рис. 3. Зростання зношення з пройденим шляхом: 1– сталь У8А; 2 – Ni; 3 – Ni, термообробка; 4– Ni-Al₂O₃; 5 – Ni-Al₂O₃, термообробка. Умови випробувань: P=60 Н, ω =50 м/хв.

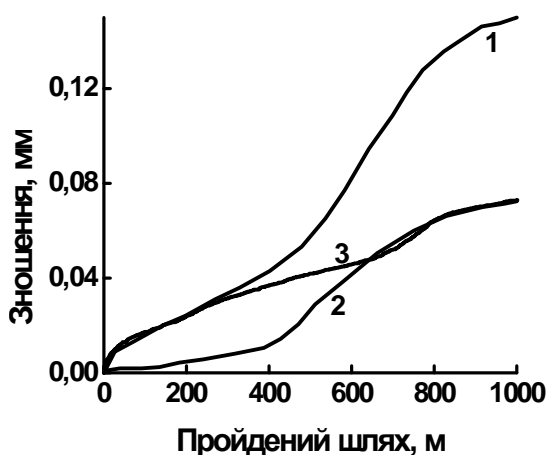


Рис. 4. Зростання зношення з пройденим шляхом: 1 – Ni; 2 – Ni-TiO₂; 3 – Ni-TiO₂, термообробка. Умови випробувань: P=60 Н, ω =40 м/хв.

Модифікування трибологічних характеристик нікелевих покриттів при впровадженні дисперсних частинок оксидів з більш високою твердістю, ніж метал матриці, пов'язано з механізмом дисперсного зміцнення. Цей механізм проявляється у випадку армування металевої матриці дисперсними частинками розміром 0,01 – 10 мкм через взаємодію дислокація-частинка [2, 3]. Металева матриця сприймає на себе навантаження, а дисперсні частинки, рівномірно розподілені по поверхні зони тертя, перешкоджають руху дислокацій. Оскільки при впровадженні у нікелеві покриття дисперсних частинок з низькою електропровідністю в них спостерігається зростання внутрішніх напружень [1], то помітний вплив температурної обробки на зношення КЕП Ni-Al₂O₃ можна пояснити саме зниженням внутрішніх напружень.

Таким чином, впровадження у нікелеві покриття дисперсних частинок Al₂O₃ і TiO₂ сприяє підвищенню їх зносостійкості.

Список літератури: 1. Антропов Л.И., Лебединский Ю.Н. Композиционные электрохимические покрытия и материалы. – К.: Техніка, 1986. – 200 с. 2. Ramesh C.S., Seshadri S.K. Tribological characteristics of nickel based composite coatings. // *Wear*, 2003. – V.255, № 7 – 12. – P. 893 – 902. 3. Zhou Y., Zhang H., Qian B. Friction and wear properties of the codeposited Ni-SiC nanocomposite coating. // *Applied Surface Science*, 2007. – V. 253, № 20. – P. 8335 – 8339. 4. Гладкий Я.М., Покришко Г.А., Заверач Є.М., Маковкін О.М. Вплив термічної обробки на зносостійкість покриттів//Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 5. – С. 27 – 30.

Поступила у редколегію 14.04.08